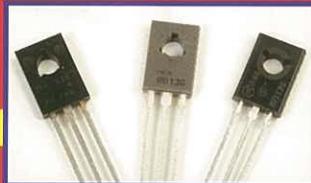
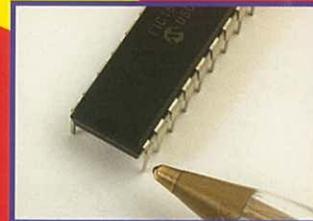
...e costruisci il tuo LABORATORIO DIGITALE

6,90 €

6

DIGITALE DI BASE

HARDWARE

MICROCONTROLLER

DIGITALE AVANZATO

TOTALMENTE PROGRAMMABILE!!!

9 771824 363008 41006

Peruzzo & C.

Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP S.n.c.
Pianificazione tecnica
LEONARDO PITTON

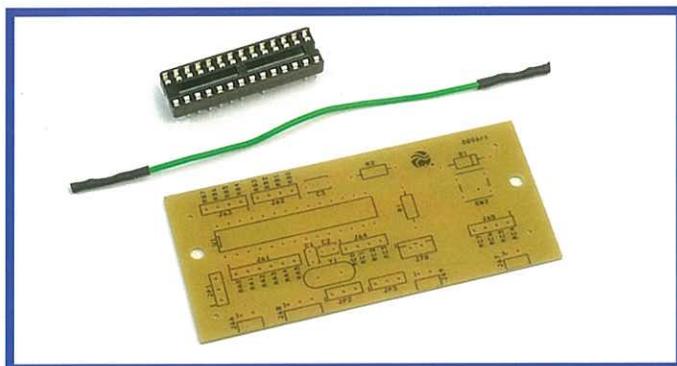
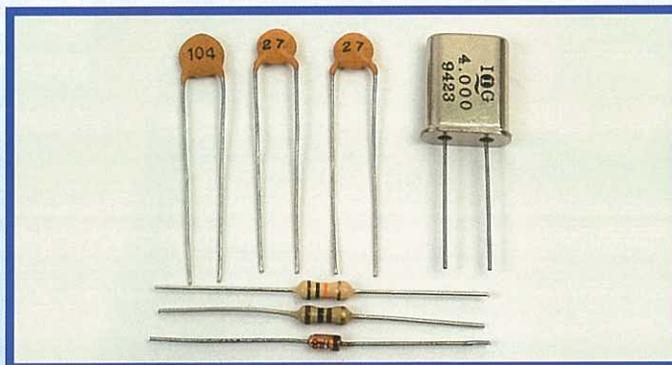
Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, Tel. 02/242021, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1738 del 26/05/2004. Spedizione in abbonamento postale gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963. Stampa: Staroffset s.r.l., Cernusco S/N (MI). Distribuzione SO.DI.P. S.p.A., Cinisello Balsamo (MI).

"ELETTRONICA DIGITALE"
si compone di
70 fascicoli settimanali
da suddividere
in 2 raccoglitori.

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI. Per ulteriori informazioni, telefonare dal lunedì al venerdì ore 9.30-12.30 all'ufficio arretrati tel. 02/242021. Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione € 3,10 per pacco. Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di € 25,82 e non superiore a € 51,65, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a € 6,20. La spesa sarà di € 9,81 da € 51,65 a € 103,29; di € 12,39 da € 103,29 a € 154,94; di € 14,98 da € 154,94 a € 206,58; di € 16,53 da € 206,58 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di € 0,52, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera. IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

impara l'elettronica digitale

IN REGALO in questo fascicolo

- 1 Circuito stampato PIC PG06r1
- 1 Zoccolo DIL 28 pin
- 1 Cavetto flessibile con terminali femmina

IN REGALO nel prossimo fascicolo

- 2 Condensatori ceramici da 27 pF
- 1 Condensatore ceramico da 100 nF
- 1 Resistenza da 10 KΩ
- 1 Resistenza da 100 Ω
- 1 Diodo 1N4148
- 1 Quarzo da 4 MHz

COME RACCOGLIERE E SUDDIVIDERE L'OPERA NELLE 4 SEZIONI

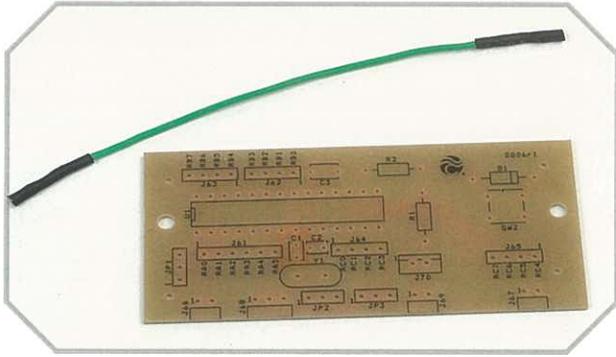
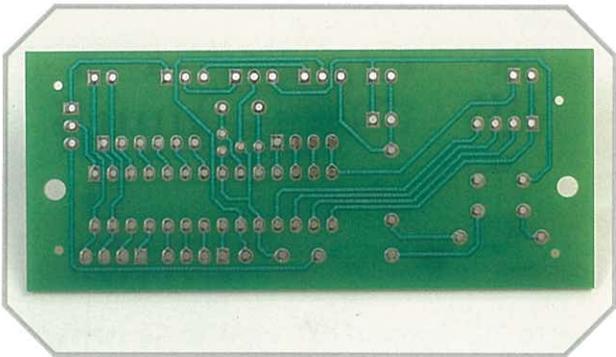
L'Opera è composta da 4 sezioni identificabili dalle fasce colorate, come indicato sotto. Le schede di ciascun fascicolo andranno suddivise nelle sezioni indicate e raccolte nell'apposito raccoglitore, che troverai presto in edicola. Per il momento, ti consigliamo di suddividere le sezioni in altrettante cartellette, in attesa di poterle collocare nel raccoglitore. A prima vista, alcuni numeri di pagina ti potranno sembrare ripetuti o sbagliati. Non è così: ciascuno fa parte di sezioni differenti e rispecchia l'ordine secondo cui raccogliere le schede.
Per eventuali domande di tipo tecnico scrivere al seguente indirizzo e-mail:
elettronicadigitale@microrobots.it

Hardware Montaggio e prove del laboratorio

Digitale di base Esercizi con i circuiti digitali

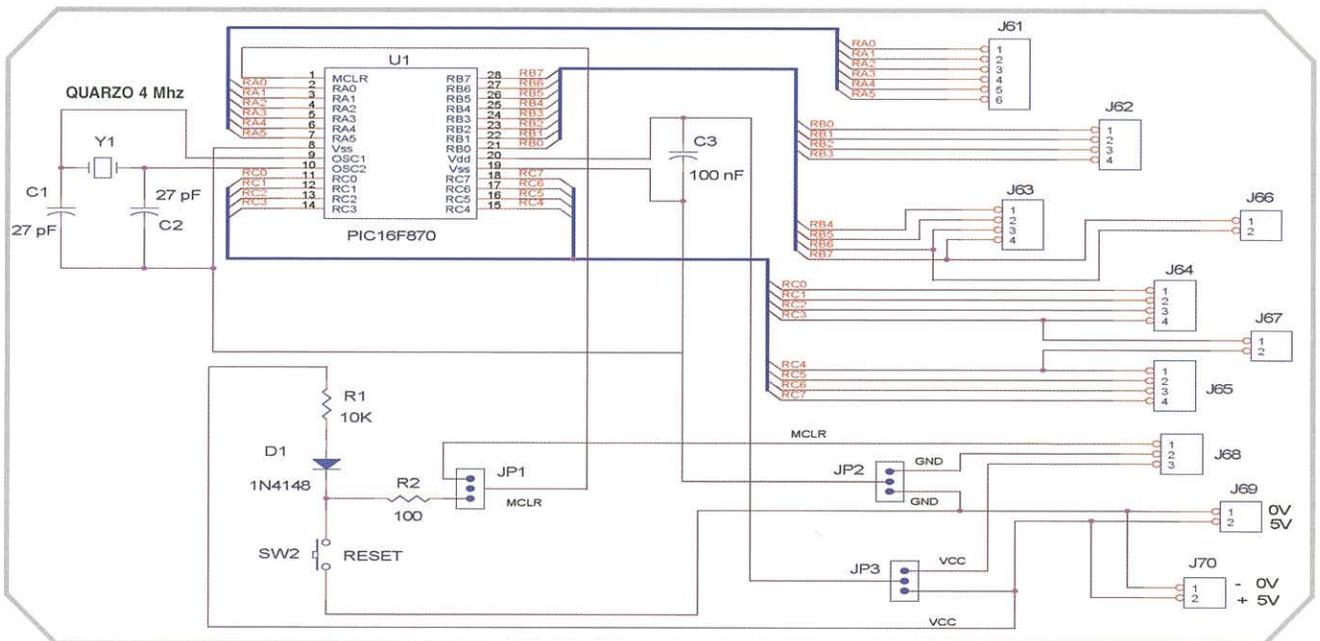
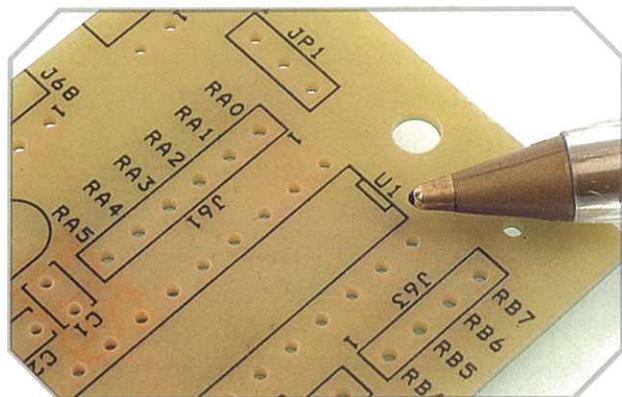
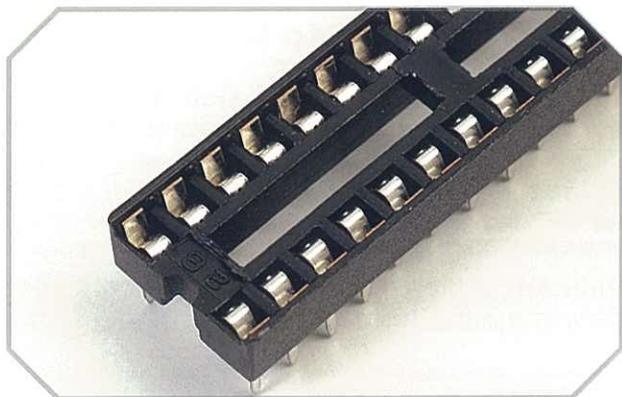
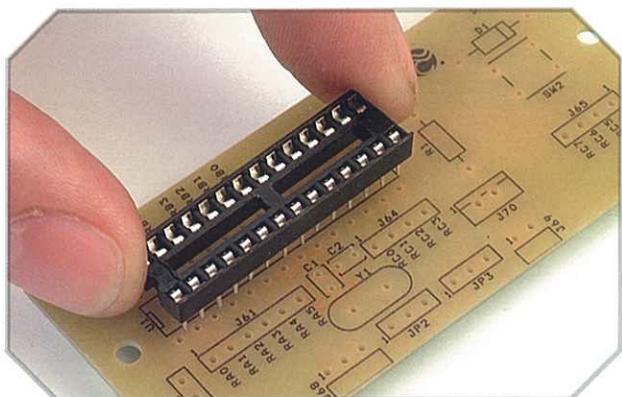
Digitale avanzato Esercizi con i circuiti sequenziali

Microcontroller Esercizi con i microcontroller

Circuito principale del PIC

Circuito stampato DG06 e cavetto.

Lato delle saldature
del circuito stampato DG06.

In questo numero inizieremo il montaggio del circuito stampato che verrà utilizzato per l'installazione del microcontroller PIC16F870. Vi è stata fornita la scheda del circuito stampato, lo zoccolo per il PIC e un filo di interconnessione che serve, tra le altre cose, per verificare facilmente il funzionamento del modulo display doppio di cui dispone il laboratorio, come vi è stato spiegato in precedenza. Questo circuito ha come riferimento DG06. Descriveremo anche la procedura per staccare i connettori a incastro, ovvero quelli di colore bianco.

Circuito stampato DG06

Questo circuito stampato è stato progettato per fornire l'accesso totale a tutte le porte del PIC, oltre ad avere collegamenti addizionali per la scrittura e il caricamento dei programmi da una memoria esterna. Questa scheda supporta anche il quarzo, due condensatori utilizzati dall'oscillatore e il pulsante di reset, dato che è molto comodo disporre di un pul-

Schema elettrico del circuito stampato del PIC.

Tacca di riferimento per il montaggio dello zoccolo.

Tacca di riferimento dello zoccolo.

Bisogna verificare di aver inserito bene tutti i terminali dello zoccolo.

sante a cui si possa accedere facilmente, oltre al connettore del ponticello JP1, che permette di accedere direttamente al pin 1 del PIC nel caso fosse necessario utilizzare questo terminale tramite un altro circuito.

I ponticelli JP1, JP2 e JP3 permettono, fondamentalmente, di configurare questo circuito stampato per l'applicazione sviluppata nel programma, oppure per collegarlo alla scheda di scrittura del programma, che a sua volta si collega alla porta seriale del PC.

Più avanti vi spiegheremo come si realizza la configurazione di questi connettori a ponticelli estraibili che uniscono il terminale centrale con uno dei due laterali, secondo le necessità delle varie applicazioni.

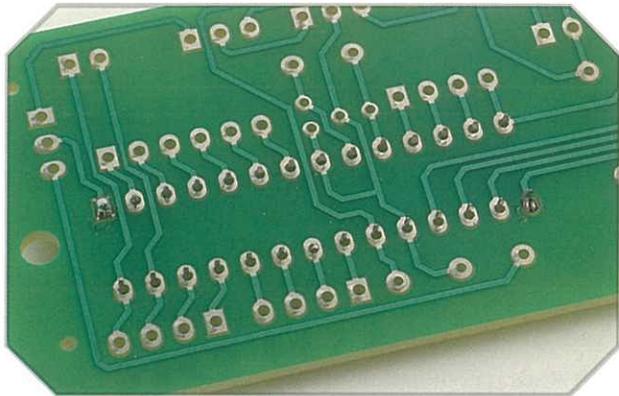
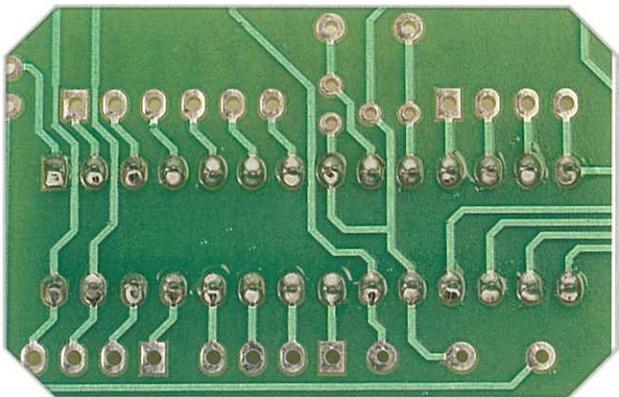
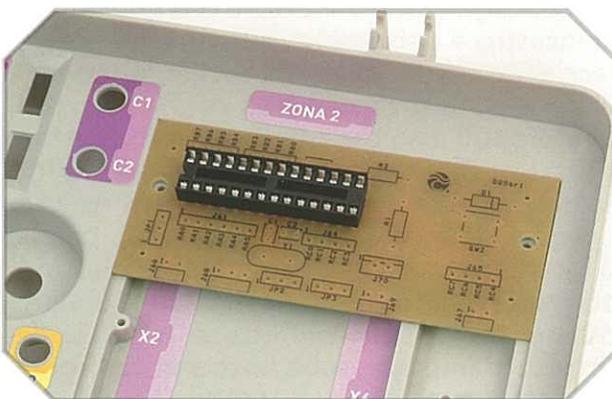
I connettori J69 e J70, che sono collegati tra loro pin a pin, sono di alimentazione. Il terminale 1 corrisponde al negativo dell'alimentazione e il 2 al positivo, il cui valore sarà di 5 V oppure di 4,5 V nel caso di alimentazione con batterie.

Le porte

Questo PIC dispone di tre porte: la porta A, i cui terminali hanno sigle che vanno da RA0 a RA5, disponibili sul connettore J61; la porta B, da otto terminali con sigle da RB0 a RB7 che si trovano a gruppi di quattro sui connettori J62 e J63, inoltre i terminali RB6 e RB7 si utilizzano per gli ingressi di scrittura del programma e sono duplicati su J66, che si collega alla scheda di scrittura; la porta C, anch'essa da otto terminali, disposti sui connettori J64 e J65, con sigle da RC0 a RC7.

Collegamenti alla scheda di scrittura

I connettori J66, J67, J68 e J69 si utilizzano per collegare il circuito stampato con quello di scrittura che verrà montato successivamente.

Il connettore J66 è l'ingresso dei dati per la scrittura, J67 trasferisce i dati dalla memoria della scheda, J68 fornisce le tensioni necessarie per il processo di scrittura del PIC, che arrivano dal circuito di scrittura, infine il connettore J69 si utilizza per ricevere l'alimentazione dalla scheda di scrittura, quando si utilizza l'applicazione scritta in precedenza sul PIC.

Si realizzano due saldature per montare bene lo zoccolo.

Zoccolo saldato.

Circuito stampato DG06 sovrapposto alla sua posizione definitiva.

Lo zoccolo

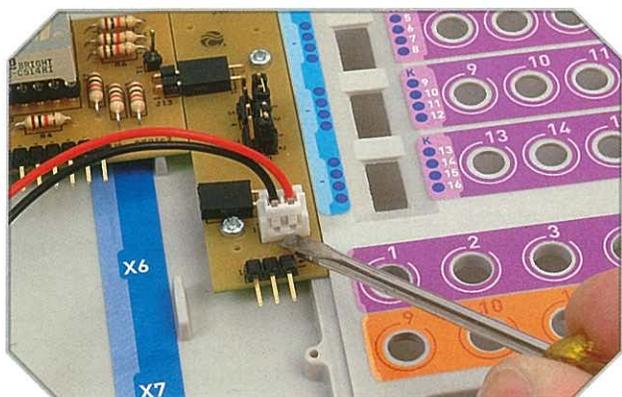
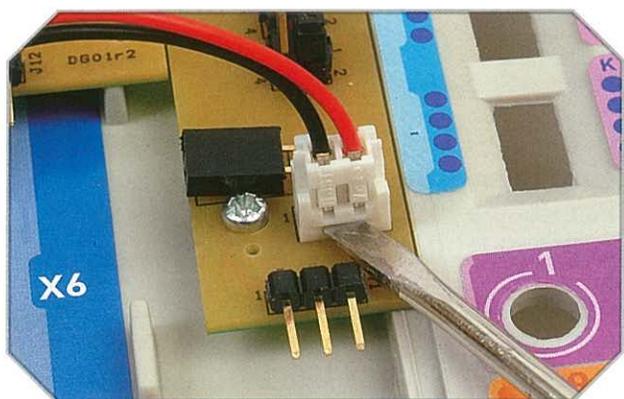
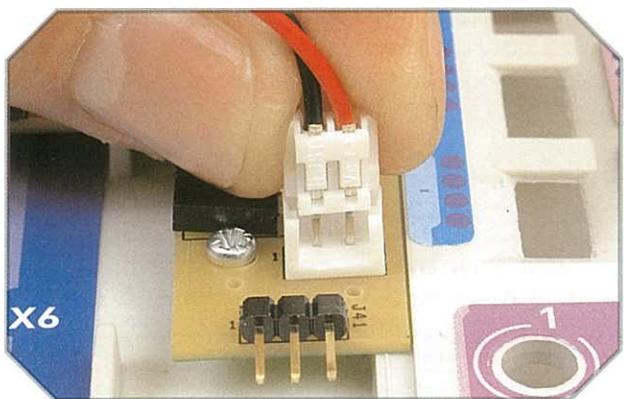
Normalmente nei circuiti stampati delle apparecchiature commerciali non si utilizzano zoccoli, dato che i collegamenti tramite le saldature sono molto sicuri e supportano bene i colpi, anche quelli di una certa entità, oltre che le vibrazioni; invece, in un circuito stampato destinato alla sperimentazione è più conveniente utilizzare uno zoccolo, dato che permette di sostituire in modo immediato i circuiti integrati che in determinate circostanze, si possono danneggiare: infatti, nonostante si prendano tutte le precauzioni, è facile che un errore, un disguido o semplicemente la sfortuna di un'avaria casuale, danneggi qualche circuito integrato, considerando anche l'utilizzo e la varietà di collegamenti e di prove che si realizzano su un laboratorio di questo tipo.

Orientamento dello zoccolo

Al momento possiamo montare solamente lo zoccolo da 28 pin. La sua installazione è semplice, basta inserire i suoi terminali nei fori corrispondenti del circuito stampato e saldarli, tuttavia occorre prendere una serie di precauzioni per evitare errori successivi.

Anzitutto dobbiamo fare attenzione alla serigrafia del circuito stampato, il PIC è indicato come integrato U1, la U è la lettera che si utilizza normalmente, seguita da un numero, per indicare i circuiti integrati. In questa serigrafia è indicato l'orientamento del circuito integrato, però, per evitare errori nell'operazione d'inserimento del circuito integrato, è necessario che anche lo zoccolo sia montato in modo che la sua tacca di orientamento coincida con quella segnata sulla serigrafia. In questo modo eviteremo errori al momento di inserire il circuito integrato PIC16F870.

Saldatura

Lo zoccolo ha molti pin da saldare. Dopo averlo montato in maniera corretta, dobbiamo girare la scheda tenendolo fermo. A questo punto realizzeremo la prima saldatura, evitando di bruciarci, e iniziando da un pin posto su uno dei quattro angoli, per continuare poi con quello dell'angolo opposto, in modo che lo zoccolo rimanga fissato. Prima di prosegui-

Per scollegare un connettore a incastro dobbiamo utilizzare un cacciavite con punta sottile.

Ruotando il cacciavite si estrae il connettore.

L'operazione di scollegamento non si può fare con le sole mani.

re verificheremo che lo zoccolo sia ben appoggiato sul circuito stampato, in caso contrario applicheremo nuovamente il saldatore a una delle saldature esercitando una leggera pressione sullo zoccolo allo scopo di raddrizzarlo, e ripeteremo l'operazione, se fosse necessario, sull'altra saldatura. Dopo aver assicurato la corretta collocazione, realizzeremo una a una tutte le saldature, applicando la quantità giusta di stagno per evitare il verificarsi di cortocircuiti con gli altri terminali o con le piste vicine. A questo punto riponiamo il circuito stampato fino a quando riceveremo ulteriori componenti per completare il suo montaggio.

Connettori a incastro

Alcuni connettori, come quelli bianchi, hanno polarità, e sono progettati meccanicamente per evitare che il loro collegamento possa essere accidentalmente invertito.

Se osserviamo attentamente i lati dei connettori femmina, magari aiutandoci con una lente, noteremo alcuni elementi sporgenti che si incastrano nelle guide dei connettori maschio, che sono normalmente saldati sui circuiti stampati. Il montaggio di un connettore sull'altro risulta solido e sicuro, assicurando anche un buon collegamento elettrico. Questo, di per sé, è un grande vantaggio, anche se lo scollegamento dei due connettori risulta quasi impossibile da realizzare manualmente senza danneggiarli.

Scollegamento

Per scollegare un connettore con questo tipo di incastro è necessario utilizzare un piccolo cacciavite e inserirlo nella sottile, quasi invisibile fessura presente tra i connettori, ruotandolo sull'asse per obbligare il connettore a fuoriuscire: in questo modo si supera la forza dell'incastro e si libera il connettore.

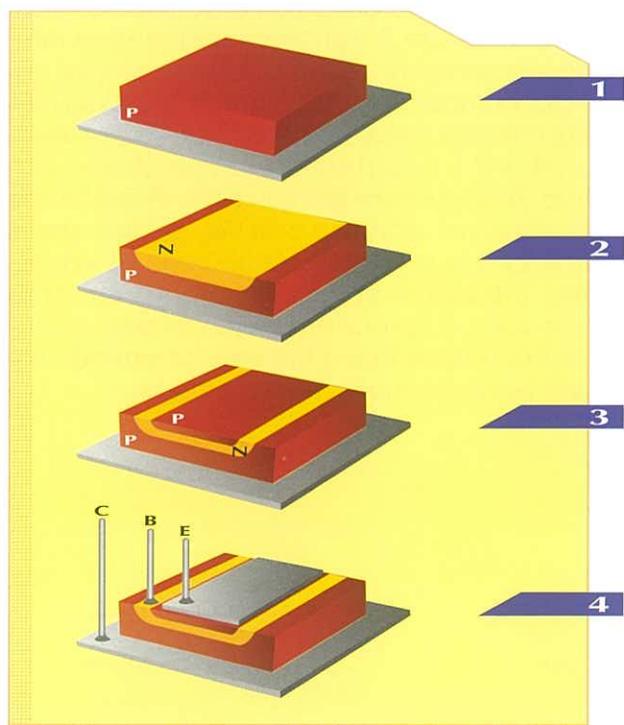
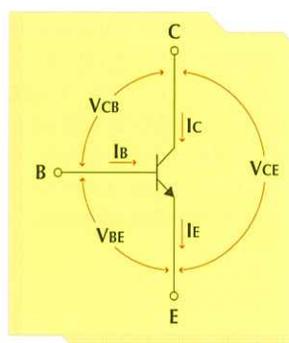
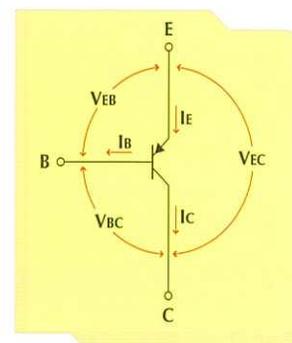
Non si devono mai tirare i due fili, perché si potrebbe estrarre il terminale dalla propria sede all'interno del connettore o, addirittura, estrarre il connettore maschio del circuito stampato. Nelle nostre prove abbiamo ottenuto risultati molto buoni con questo semplice procedimento di scollegamento.

Il transistor bipolare

Uno degli eventi storici dell'elettronica moderna, che causò una grande rivoluzione nel 1947, lo si deve ai ricercatori John Bardeen, Walter Brattain e William Shockley, che svilupparono i transistor. Questo risultato fu premiato nel 1956 con il premio Nobel.

Il transistor

Un transistor è un dispositivo elettronico formato da un materiale semiconduttore, normalmente silicio. All'interno del transistor si possono distinguere tre zone distribuite nel seguente modo: due zone N separate da una zona P, o due zone P separate da una zona N. Su ognuna di queste zone è collegato un elettrodo di contatto, che poi è l'unica cosa visibile dall'esterno.

Il transistor che abbiamo descritto è bipolare, e può essere di due tipi differenti a seconda della distribuzione delle zone precedentemente menzionate: NPN o PNP. Invece, le due zone N o le due zone P non sono intercambiabili, una di esse riceve il nome di emettitore e l'altra di collettore, mentre la zona centrale corrisponde alla base.

Transistor a diffusione.

Transistor NPN.

Transistor PNP.

Funzionamento

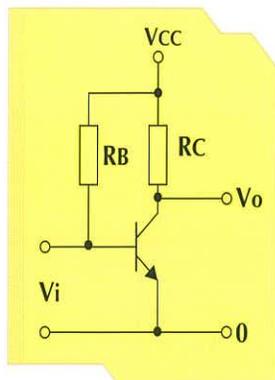
Il funzionamento del transistor bipolare è basato sul controllo della corrente che circola su un terminale (IC), modificando la tensione applicata agli altri due (VBE).

Quando il transistor si polarizza, la corrente del collettore è direttamente proporzionale alla corrente della base, il transistor sta lavorando nella zona attiva e funziona come un amplificatore di corrente.

La corrente di collettore è controllata tramite una corrente molto più piccola, che è la corrente di base.

In un circuito digitale, però, il transistor lavora in commutazione, ovvero, la tensione di controllo applicata tra i due terminali fa sì che la corrente del terzo terminale cambi tra due valori, di cui uno è praticamente zero e l'altro un valore specifico vicino alla tensione di alimentazione, ottenendo così i due valori logici utilizzati nell'elettronica digitale.

Utilizzo

Facendo riferimento ai modi di funzionamento precedentemente descritti, possiamo classificare i circuiti con transistor bipolari in due grandi gruppi: circuiti di amplificazione e circuiti di commutazione.

Circuito di polarizzazione di un transistor NPN.

Il transistor polarizzato

La configurazione di polarizzazione più utilizzata è quella a emettitore comune, il cui nome è dovuto al fatto che l'emettitore è il terminale comune all'ingresso e all'uscita. Con lo stesso circuito, cambiando i valori delle resistenze, il transistor può lavorare in modi molto diversi.

Zone di lavoro

Per studiare il transistor dobbiamo partire dalla configurazione più semplice, quella a emettitore comune, utilizzando un transistor del tipo NPN. Se guardiamo lo schema, è facile capire che la tensione di base è superiore a quella dell'emettitore e dipende dal valore della resistenza di base RB, quindi la giunzione base/emettitore sarà polarizzata direttamente. Invece, siccome la tensione del collettore è superiore a quella della base, la giunzione collettore/base sarà polarizzata inversamente.

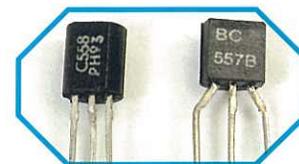
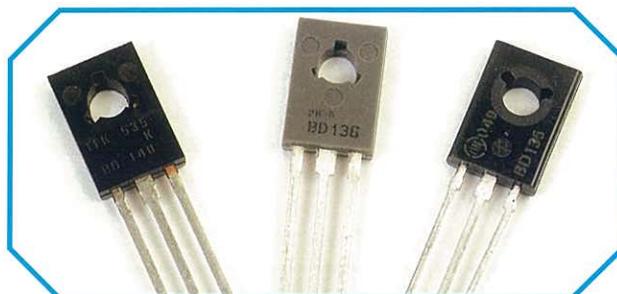
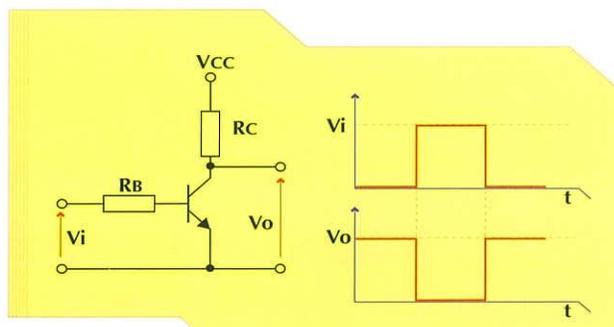
La tensione applicata alla base deve essere tale da garantire che sulla base vengano raggiunti 0,7 volt, per i transistor al silicio, in modo che la giunzione emettitore/base si comporti come un diodo polarizzato direttamente e che debba superare questa tensione di soglia per entrare in conduzione. Quando il transistor lavora in queste condizioni si dice che sta lavorando nella zona attiva, e in questa zona la corrente del collettore è direttamente proporzionale alla corrente di base; questo fattore di proporzionalità è chiamato beta, ed è il guadagno di corrente a emettitore comune che di solito raggiunge valori tra 100 e 600 quando si lavora con piccole correnti.

Transistor in commutazione

Nelle applicazioni in cui il transistor è utilizzato in circuiti logici o come interruttore, esso lavora fra due stati, interdizione o saturazione, quindi non lavora nella zona attiva.

Quando la tensione di base è insufficiente per far condurre la giunzione base/emettitore la corrente di base è praticamente nulla e di conseguenza anche quella del collettore, il transistor, quindi, si troverà nella zona di interdizione; misurando la tensione sul collettore avremo la tensione di alimentazione

È altresì possibile che si verifichi un'altra condizione: quando aumenta in eccesso la tensione di base, la resistenza del collettore limita il passaggio della corrente. Questa resistenza evita che il transistor si distrugga limitando la corrente che circola sullo stesso, come cita la stessa legge di Ohm: la massima corrente che può circolare è Vcc/Rc, e se il prodotto di Ib x ß è superiore a Vcc/Rc e stiamo cercando di far passare più corrente di quella che può circolare attraverso la Rc, si dice che il transistor sta lavorando nella zona di saturazione, attraverso di esso circola una corrente molto forte e la tensione collettore/emettitore si può ridurre fino a 0,2 volt, ottenendo così una tensione molto bassa in uscita.

Transistor NPN di utilizzo generale.

Transistor PNP di utilizzo generale.

Transistor di media potenza.

Circuito invertente logico realizzato con un transistor.

Latch

Questo nome si applica a un bistabile, ovvero un circuito la cui uscita può avere due livelli. Si tratta di un circuito sequenziale che utilizza un circuito combinazionale e uno o più elementi di memoria.
Un circuito combinazionale è realizzato grazie a una combinazione di porte logiche, e la sua uscita o le sue uscite forniscono un determinato risultato sotto forma di uno o zero, che deriva unicamente dalla combinazione applicata all'ingresso, indipendentemente dallo stato precedente.
Il circuito sequenziale, oltre alla combinazione applicata all'ingresso, dipende anche dall'informazione precedentemente memorizzata sul circuito, ovvero, può variare con il tempo ed essere determinata dallo stato precedente del circuito.

Bistabili

I bistabili si dividono in due categorie principali, quelli che si attivano per livello e quelli che si attivano per fronte. Il fronte è la parte quasi verticale dell'impulso e può essere di salita o di discesa.

Benché sia facile confondersi, ricordiamo che la denominazione flip-flop si applica a bistabili attivati tramite un fronte e latch a quelli attivati tramite livello. Per prima cosa vedremo il latch.

Come abbiamo detto, un bistabile è un circuito sequenziale ed è parte integrante di registri, contatori, memorie, ecc.; in realtà è una cella elementare di memoria.

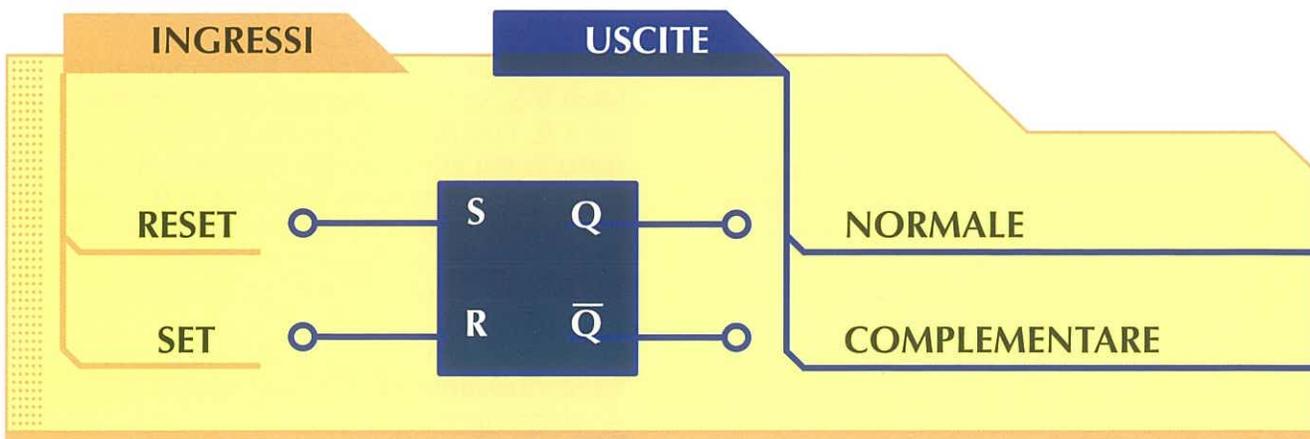
Sincrono, asincrono

Anche questa classificazione è piuttosto facile da comprendere. In un bistabile asincrono l'uscita si modifica nel momento in cui si produce una variazione all'ingresso, e questo può accadere in qualsiasi momento.

Nei bistabili sincroni l'uscita e lo stato interno sono campionati in determinati istanti che dipendono dal segnale applicato all'ingresso del clock. È ovvio quindi che hanno bisogno di un ingresso di clock.

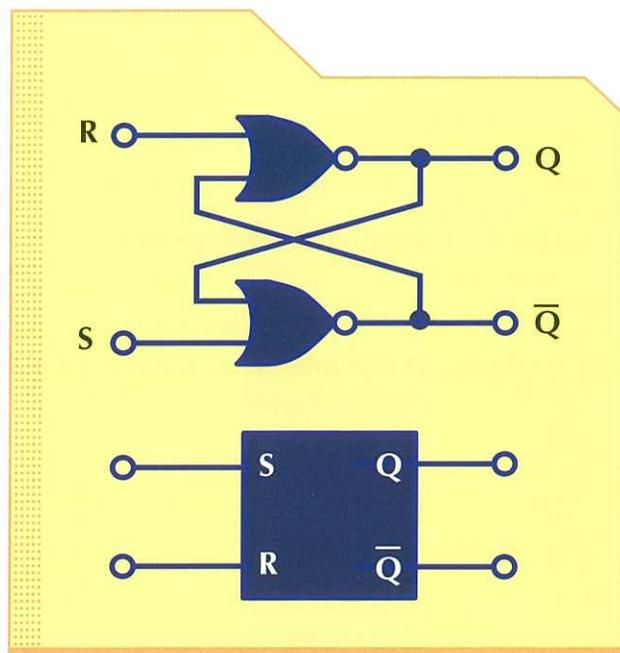
Bistabile base

Il circuito logico ha due stati stabili denominati SET o attivazione, e RESET o disattivazione, i quali possono essere mantenuti in modo indefinito, quindi permettono di memorizzare un bit.

I bistabili si realizzano con porte logiche e osservando lo schema, ciò che più li differenzia da un circuito combinazionale è che l'uscita in qualche modo è collegata all'ingres-

Terminali principali di un bistabile.

Bistabile R-S con porte NOR.

Bistabile R-S con porte NAND.

S	R	Qn	/Qn	
0	0	Qn-1	/Qn-1	Non cambia
0	1	0	1	RESET
1	0	1	0	SET
1	1	0	0	Proibito

Bistabile R-S con porte NOR.

/S	/R	Qn	/Qn	
0	0	1	1	Proibito
0	1	1	0	SET
1	0	0	1	RESET
1	1	Qn-1	/Qn-1	Non cambia

Bistabile R-S con porte NAND.

so precedente. Normalmente dispongono di un'uscita e della stessa uscita negata.

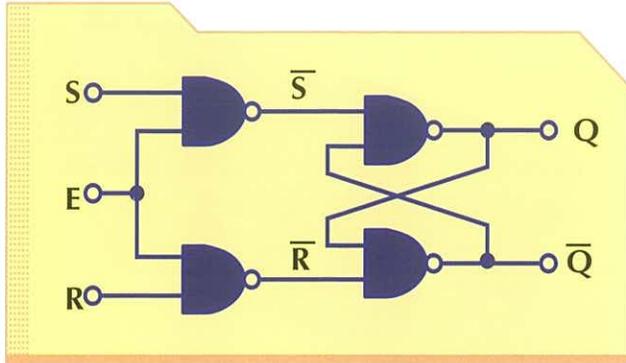
Bistabili sensibili al livello o latch

Esistono due tipi di latch R-S che dipendono dal tipo di porte con cui sono stati implementati, anche se generalmente vengono entrambi indicati con la denominazione di bistabile.

Bistabile R-S con porte NOR

Il bistabile, o latch, R-S (Reset-Set), ha l'ingresso attivo a livello alto, un'uscita identificata con la lettera Q e la sua uscita complementare /Q. Nello schema possiamo osservare che è composto da due porte NOR. La cosa più interessante è che l'uscita di una porta si collega all'ingresso dell'altra porta.

Descriviamo quindi il funzionamento del latch R-S. Se i due ingressi del latch, R e S, sono a 0, l'uscita del circuito si manterrà nello stato in cui era; quando l'ingresso R del latch passa a 1 e l'ingresso S rimane a 0, l'uscita Q passa a 0 indipendentemente dal suo stato precedente e a sua volta l'uscita negata /Q passerà a 1, il latch quindi passerà allo stato di Reset.

A questo punto, se R torna a 0 il circuito entrerà nuovamente nel suo modo memoria. Analogamente, se S passa a 1 e R rimane a 0, l'uscita negata /Q passa a 0 quindi l'uscita Q passa a 1. Riassumendo:

Bistabile R-S con porte ingresso di abilitazione.

E	S	R	Qn	/Qn	
1	0	0	Qn-1	/Qn-1	Non cambia
1	0	1	0	1	RESET
1	1	0	1	0	SET
0	X	X	Qn-1	/Qn-1	Non cambia

Bistabile R-S con porte ingresso di abilitazione.

– Quando si attiva (passa a 1) l'ingresso RESET, Q passa a 0.

– Quando si attiva (passa a 1) l'ingresso SET, Q passa a 1.

– Quando gli ingressi non cambiano (entrambi a 0) l'uscita non cambia.

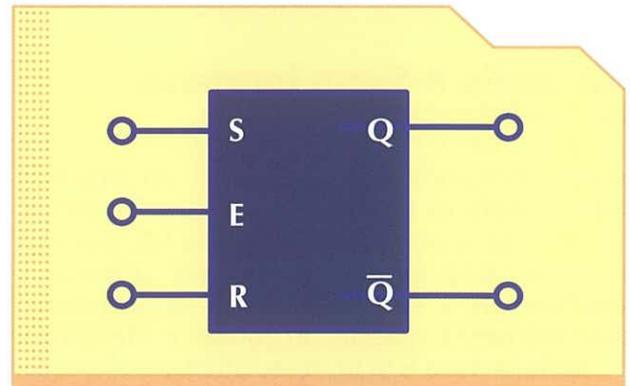
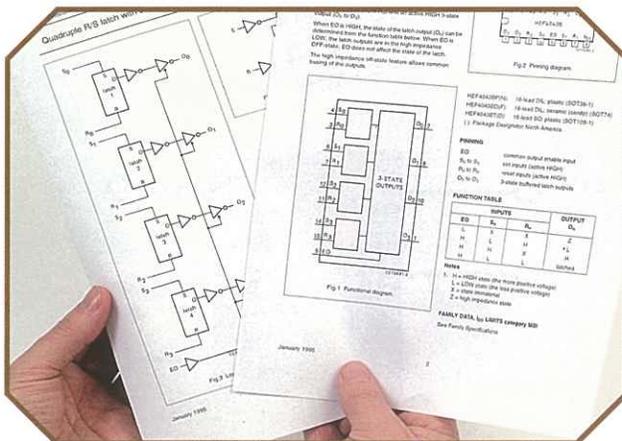
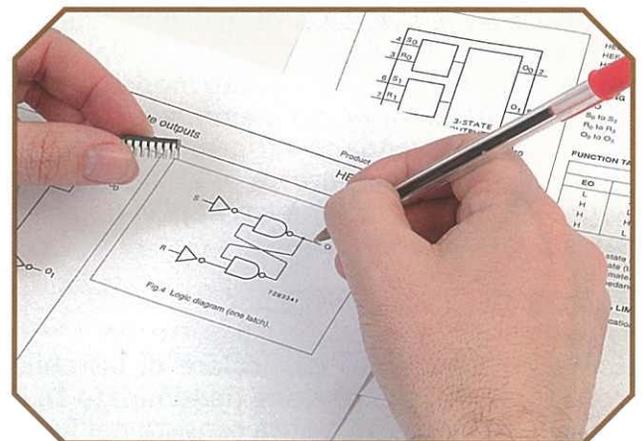
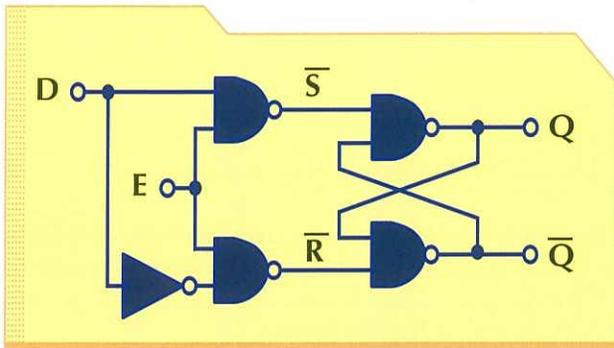
– Quando si attivano i due ingressi (S a 1 e R a 1) il circuito non funziona correttamente, si tratta di una combinazione da evitare. Il latch R-S con porte NOR, ovvero, con gli ingressi attivi a 1, è contraddistinto dal simbolo che vediamo nella figura della pagina precedente.

Bistabile R-S con porte NAND

Il bistabile R-S (Reset-Set) realizzato con porte NAND ha i suoi livelli attivi al livello basso, contrariamente a quello precedente. Realizza la stessa funzione di base, però con la logica di ingresso invertita. Questo bistabile ha gli ingressi attivi al livello basso.

In questo caso, il modo in cui svolge la funzione di memoria elementare è quando mantiene i suoi due ingressi a 1.

Quando l'ingresso /S si attiva a livello basso 0, l'uscita Q passa a 1 (SET) e se l'ingresso /R passa a livello basso 0 l'uscita Q sarà 0 (RESET).

Lo stato che bisogna evitare è quello in cui gli ingressi hanno contemporaneamente il valore 0.

Simbolo del bistabile R-S con ingresso di abilitazione.

Schede tecniche dell'HEF4043B.

Schema logico di uno dei latch del 4043.

D-Latch con ingresso di abilitazione.

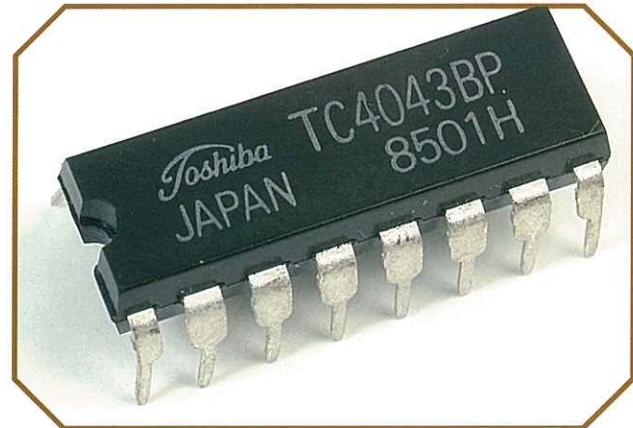
E	D	Qn	/Qn	
1	0	0	1	RESET
1	1	1	0	SET
0	X	Qn-1	/Qn-1	Non cambia

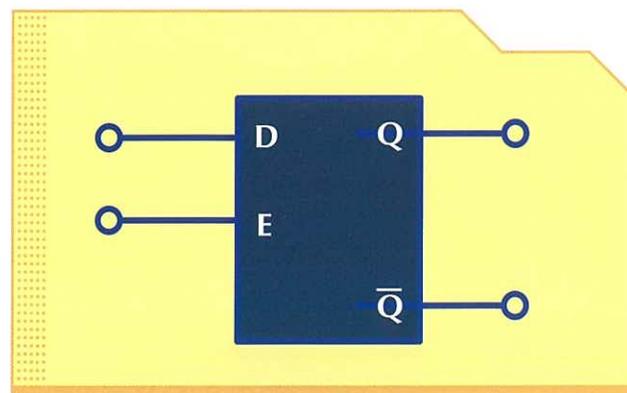
Bistabile D con ingresso di abilitazione.

Bistabile R-S con ingresso di abilitazione

Alcuni bistabili dispongono di un ingresso addizionale di abilitazione. Il funzionamento è simile a quello del bistabile RS, però gli ingressi sono abilitati solamente quando si applica un 1 sull'ingresso di abilitazione. Normalmente questo terminale è identificato dalla lettera E di Enable. Gli ingressi possono cambiare, però non avranno alcuna influenza fino a quando il terminale E non passa a livello alto. Quando il segnale di abilitazione E è a livello basso, i segnali /S e /R saranno a livello alto indipendentemente dal valore degli ingressi R e S. In questo modo il bistabile è in attesa in modo memoria e garantisce che non avvengano variazioni sull'uscita. Quando si attiva l'ingresso di abilitazione, i segnali R e S si invertono e si applicano al bistabile interno /R e /S.

Latch D

Esiste un tipo molto particolare di bistabile con ingresso di abilitazione denominato D, o D latch. La sua particolarità consiste nel fatto che ha un solo ingresso, indicato con la lettera D, oltre all'ingresso addizionale di abilitazione, che continua a essere indicato con la lettera E. La funzione dell'ingresso di abilitazione è la stessa, quando E è a livello basso i segnali /S e /R del bistabile interno saranno a livello alto e l'uscita del circuito non cambia, dato che si trova in modo memoria.

Quando il terminale E è a livello alto, il valore dell'ingresso D determina i valori dei segnali /R e /S. Quando si applica a D il valore 1, il valore di /S sarà 0 e quello di /R sarà 1, quindi l'uscita passerà a 1, che è lo stato SET del bistabile interno. Quando si applica uno 0 sul terminale D, /S passa a 1, /R passa a 0 e l'uscita Q passa a 0, dato che si forza il RESET del bistabile interno. In realtà questo insieme è un circuito di memoria con abilitazione che contiene un bit di memoria con l'informazione applicata all'ingresso nel momento della sua abilitazione. L'uscita è uguale all'ingresso quando il terminale di abilitazione E è attivo, ovvero, quando si trova a livello 1.

Latch quadruplo R-S 4043.

Simbolo del bistabile D.

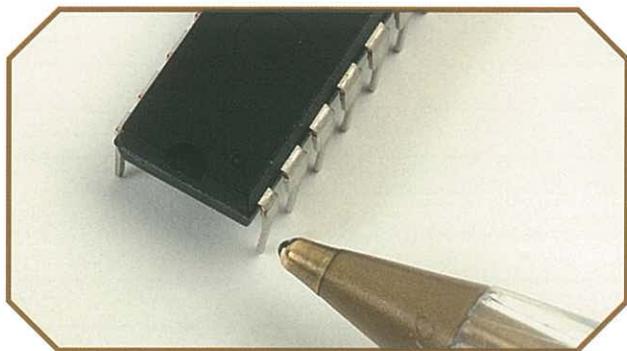
Collegamenti del PIC16F870

Il microcontroller interagisce con il mondo esterno tramite i suoi terminali di collegamento. Il PIC scelto, il 16F870, ha 28 linee di collegamento o terminali, e ognuno di essi ha una o più funzioni specifiche. Di seguito spiegheremo gli utilizzi di ognuno di essi e alcuni dei circuiti ausiliari che sono necessari per il corretto funzionamento del PIC.

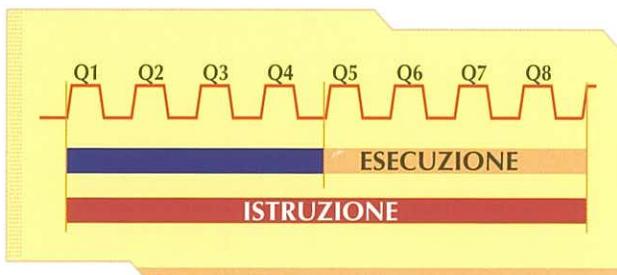
I PIC, come la maggioranza dei circuiti integrati, seguono uno standard di numerazione. Se posizioniamo la tacca di riferimento del chip verso l'alto, il pin numero 1 sarà quello che si trova a sinistra della tacca. La numerazione aumenterà mano a mano che scenderemo lungo la fila di terminali che contiene anche il numero 1. Al termine della fila continueremo a numerare i terminali della fila del lato opposto dal basso verso l'alto, in modo che il terminale che si trova a destra della tacca di riferimento sia l'ultimo.

Dato che ci sono molti terminali, abbiamo scelto di realizzare una tabella riassuntiva che ci sarà di grande aiuto. Negli schemi si rappresenta il PIC con i terminali numerati e la denominazione abbreviata di ciascun terminale per facilitare la comprensione del circuito.

L'alimentazione

Qualsiasi dispositivo elettronico, per funzionare, necessita di un'alimentazione. Il 16F870 si può alimentare con una tensione continua compresa tra 2 e 5,5 V, anche se normalmente lo alimenteremo a 4,5 V (batterie) o 5 V, infatti, ad eccezione di qualche applicazione molto specifica, i progetti elettronici utilizzano normalmente questa tensione.

Il terminale 1 è quello più vicino alla tacca di orientamento.

Quando la tensione di alimentazione è di 5 V e sta funzionando a 4 MHz in condizioni normali, il consumo tipico è inferiore a 1,5 mA. Se riduciamo la frequenza di lavoro a 32 KHz e lo alimentiamo a 3 V il consumo tipico sarà di 20 µA e in stato di riposo (stand by) la corrente tipica è inferiore a 1 µA. Questi consumi così ridotti hanno dato a Microchip un vantaggio importante nei confronti di alcuni dei suoi concorrenti.

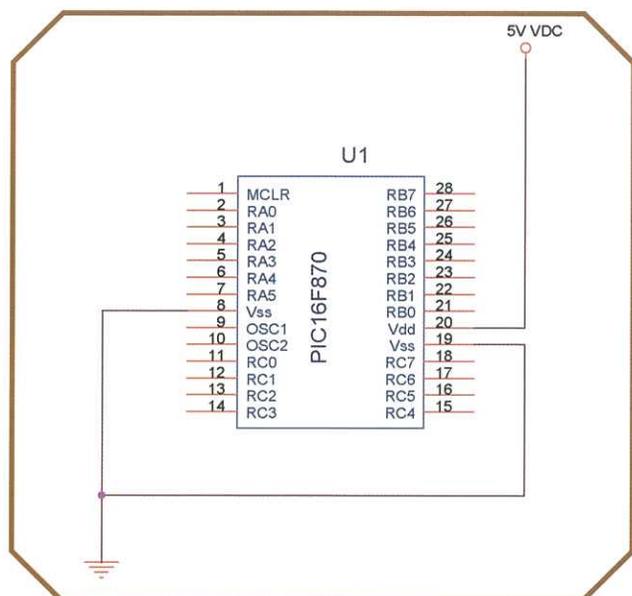
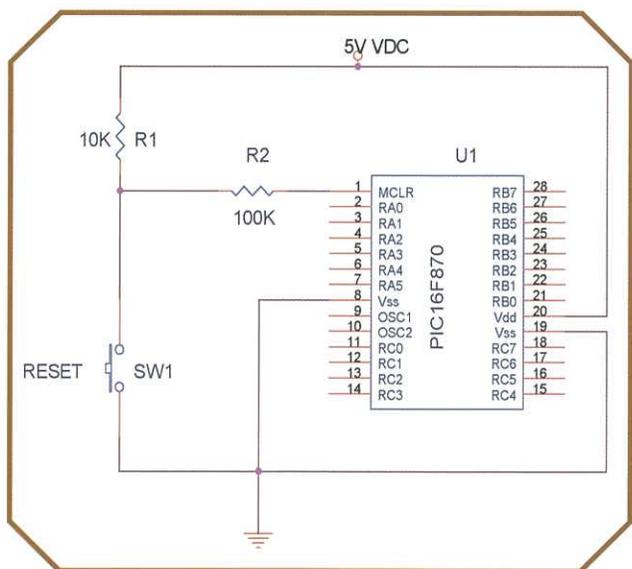
Per fare in modo che l'applicazione, ovvero il programma caricato sul microcontroller, funzioni, bisogna collegare i terminali 8 e 19 (Vss) al negativo dell'alimentazione (0 V), mentre il positivo dell'alimentazione è collegato al terminale 20 (Vdd).

Fasi di un'istruzione: ricerca ed esecuzione.

Il reset

Quando si produce un reset si reinizializza il processore. Il programma in esecuzione viene abbandonato e il contatore di programma (PC) è caricato con l'indirizzo 0000H, che corrisponde all'indirizzo riservato per il Vector di Reset nella memoria di codice. In questo indirizzo inizia il programma dell'applicazione. I due modi più comuni per provocare un reset sono:

– Togliere e poi ristabilire l'alimentazione del microcontroller. Quando si collega l'alimentazione si produce automaticamente un reset. Questo tipo di reset è conosciuto come "POR" (Power-On Reset).

Denominazione terminale	Numerazione	Tipo I/O/P	Descrizione
OSC1/CLKI	9	I	Ingresso quarzo o clock esterno
OSC2/CLKO	10	O	Uscita quarzo. Nel modo RC esce da questo terminale 1/4 della frequenza che entra su OSC1
MCLR/VPP/THV	1	I/P	Ingresso di reset (il reset si produce con un livello basso di tensione) o ingresso della tensione di programmazione o ingresso di alta tensione per il modo test
RA0/AN0	2	I/O	Linea di I/O digitale o ingresso analogico 1
RA1/AN1	3	I/O	Linea di I/O digitale o ingresso analogico 2
RA2/AN2/VREF-	4	I/O	Linea di I/O digitale o ingresso analogico 3 o ingresso analogico di tensione negativa di riferimento
RA3/AN3/VREF+	5	I/O	Linea di I/O digitale o ingresso analogico 4 o ingresso analogico di tensione positiva di riferimento
RA4/T0CKI	6	I/O	Linea di I/O digitale o ingresso di clock del Timer 0
RA5/AN4	7	I/O	Linea di I/O digitale o ingresso analogico 5
RB0/INT	21	I/O	Linea di I/O digitale o ingresso di interrupt esterno
RB1	22	I/O	Linea di I/O digitale
RB2	23	I/O	Linea di I/O digitale
RB3/PGM	24	I/O	Linea di I/O digitale o ingresso di programmazione a bassa tensione
RB4	25	I/O	Linea di I/O digitale o ingresso di clock del Timer 0
RB5	26	I/O	Linea di I/O digitale
RB6/PGC	27	I/O	Linea di I/O digitale o ingresso del clock in programmazione seriale
RB7/PGD	28	I/O	Linea di I/O digitale o ingresso dei dati in programmazione seriale
RC0/T1OSO/T1CKI	11	I/O	Linea di I/O digitale o uscita dell'oscillatore del Timer 1 o ingresso del clock del Timer 1
RC1/T1OSI	12	I/O	Linea di I/O digitale o ingresso dell'oscillatore del Timer 1
RC2/CCP1	13	I/O	Linea di I/O digitale o ingresso di capture 1 o uscita del comparatore 1 o uscita del PWM 1
RC3	14	I/O	Linea di I/O digitale
RC4	15	I/O	Linea di I/O digitale
RC5	16	I/O	Linea di I/O digitale
RC6/TX/CK	17	I/O	Linea di I/O digitale o trasmissione asincrona della USART o sincrona
RC7/RX/DT	18	I/O	Linea di I/O digitale o ricezione asincrona della USART o dati clock sincroni
Vss	8, 19	P	Riferimento a massa
Vdd	20	P	Alimentazione positiva

Descrizione dei terminali del microcontroller.

Alimentazione del PIC16F870.

Tipico circuito di reset.

– Applicare un livello logico basso sul terminale MCLR (Master Clear Reset). Attraverso questo terminale potremo provocare dall'esterno un reset al momento desiderato, senza togliere l'alimentazione al circuito. Un modo classico per far arrivare il livello basso di tensione (0 logico) per provocare la reinizializzazione è il seguente: nel momento in cui si attiva il pulsante si applica uno 0 al terminale 1 provocando il reset.

La frequenza di lavoro

Per eseguire un'istruzione sono necessarie due fasi:

– Fase di ricerca. A partire dall'indirizzo indicato dal PC, il processore deve localizzare nella memoria di codice l'istruzione successiva da eseguire.

– Fase di esecuzione. Interpretazione ed esecuzione dell'istruzione dopo aver ricevuto il codice binario di quest'ultima da parte del processore.

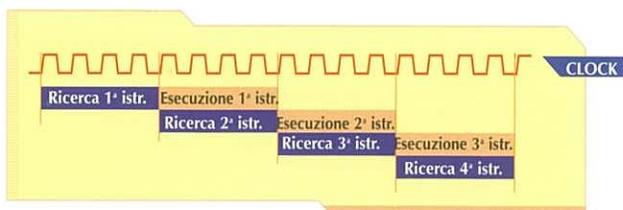
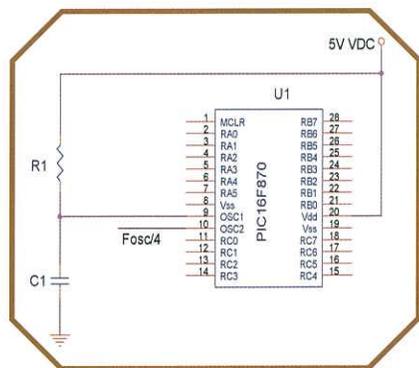
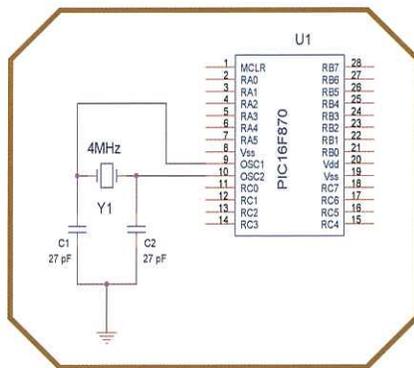
Ognuna di queste fasi si realizza con quattro operazioni elementari e ogni operazione elementare dura un ciclo di clock. Lavorando a una frequenza di 4 MHz, ogni ciclo di clock dura 250 ns, quindi il ciclo di un'istruzione durerebbe:

2 fasi = 8 cicli di clock = 8x250 ns = 2 µs

I PIC di Microchip utilizzano la segmentazione del processore per accelerare l'esecuzione delle istruzioni. Le due fasi vengono quindi eseguite in parallelo, in modo che, mentre si esegue un'istruzione, contemporaneamente si sta cercando quella successiva. In questo modo il ciclo di un'istruzione si realizza in quattro cicli di clock, quindi in 1 µs se lavoriamo a 4 MHz.

Nelle istruzioni di salto non si conosce l'istruzione successiva da eseguire fino a quando non si completa la sua esecuzione, quindi non è possibile applicare la segmentazione ed è necessario il doppio del tempo rispetto al resto delle istruzioni.

Tipi di oscillatore

Il PIC16F870 accetta quattro modi di funzionamento dell'oscillatore. Quando scriviamo il programma dell'applicazione sul microcontroller dobbiamo configurare il modo di lavoro dell'oscillatore. Il software di scrittura ci permetterà di scegliere i seguenti modi:

Un'istruzione di salto richiede otto cicli di clock.

Oscillatore RC.

Oscillatore con quarzo.

Sul programma Icprog bisogna selezionare il tipo di oscillatore.

- RC: Resistenza-condensatore.
- LP: Quarzo per bassa frequenza.
- XT: Quarzo o risonatore per frequenze intermedie.
- HS: Quarzo o risonatore per alte frequenze.

Il PIC memorizzerà il modo di lavoro su due bit (FOSC1 e FOSC2) della Word di Configurazione, che è un registro specifico di configurazione del microcontroller.

Oscillatore RC

Nelle applicazioni in cui il tempo non è un fattore critico, possiamo utilizzare una resistenza in serie con un condensatore per implementare un oscillatore. È molto semplice ed economico, però non fornisce una frequenza stabile.

La frequenza di questo tipo di oscillatore è in funzione dei valori della resistenza e del condensatore, benché anche altri fattori, come la tensione di alimentazione e la temperatura di funzionamento, influiscano sul risultato. I valori raccomandati vanno da 3 a 100 K per le resistenze e condensatori superiori a 20 pF. Sul terminale 10 (OSC2/CLKOUT) otterremo un segnale che è la quarta parte della frequenza dell'oscillatore che avremo collegato al terminale 9 (OSC1/CLKIN).

Tipo	Frequenza	C1 (pF)	C2 (pF)
LP	32 kHz	33	33
	200 kHz	15	15
XT	200 kHz	47-68	47-68
	1 MHz	15	15
	4 MHz	15	15
HS	4 MHz	15	15
	8 MHz	15-33	15-33
	20 MHz	15-33	15-33

Range di frequenze degli oscillatori e dei condensatori di disaccoppiamento consigliati.

Oscillatori LP, XT e HS

La frequenza di lavoro in questi modi di funzionamento si ottiene da un quarzo o da un risonatore ceramico montato fra i terminali 9 e 10.

Con il quarzo e i condensatori di disaccoppiamento, che sono indispensabili, la frequenza ottenuta è molto stabile. Questo metodo è utilizzato nella maggioranza delle applicazioni.

Conclusioni

Abbiamo visto come collegare il microcontroller e l'utilizzo di ognuno dei suoi terminali. Più avanti entreremo nel dettaglio per quanto riguarda il lavoro delle porte di ingresso e di uscita, però ora dobbiamo approfondire l'interno del PIC, conoscere la memoria e saperla gestire; in questo modo, quando arriveremo alla fase pratica, sarà più semplice capire il funzionamento dei circuiti reali proposti.

Quarzi. Risonatori ceramici.